

## LIGHT EMITTING DIODE

JP8-264833

Publication number: JP8264833  
Publication date: 1996-10-11  
Inventor: CHIIPIN KUO  
Applicant: HEWLETT PACKARD CO  
Classification:  
- international: H01L33/00; H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00  
- European: H01L33/00C4D3C; H01L33/00G3B2  
Application number: JP19960019586 19960206  
Priority number(s): US19950401543 19950310

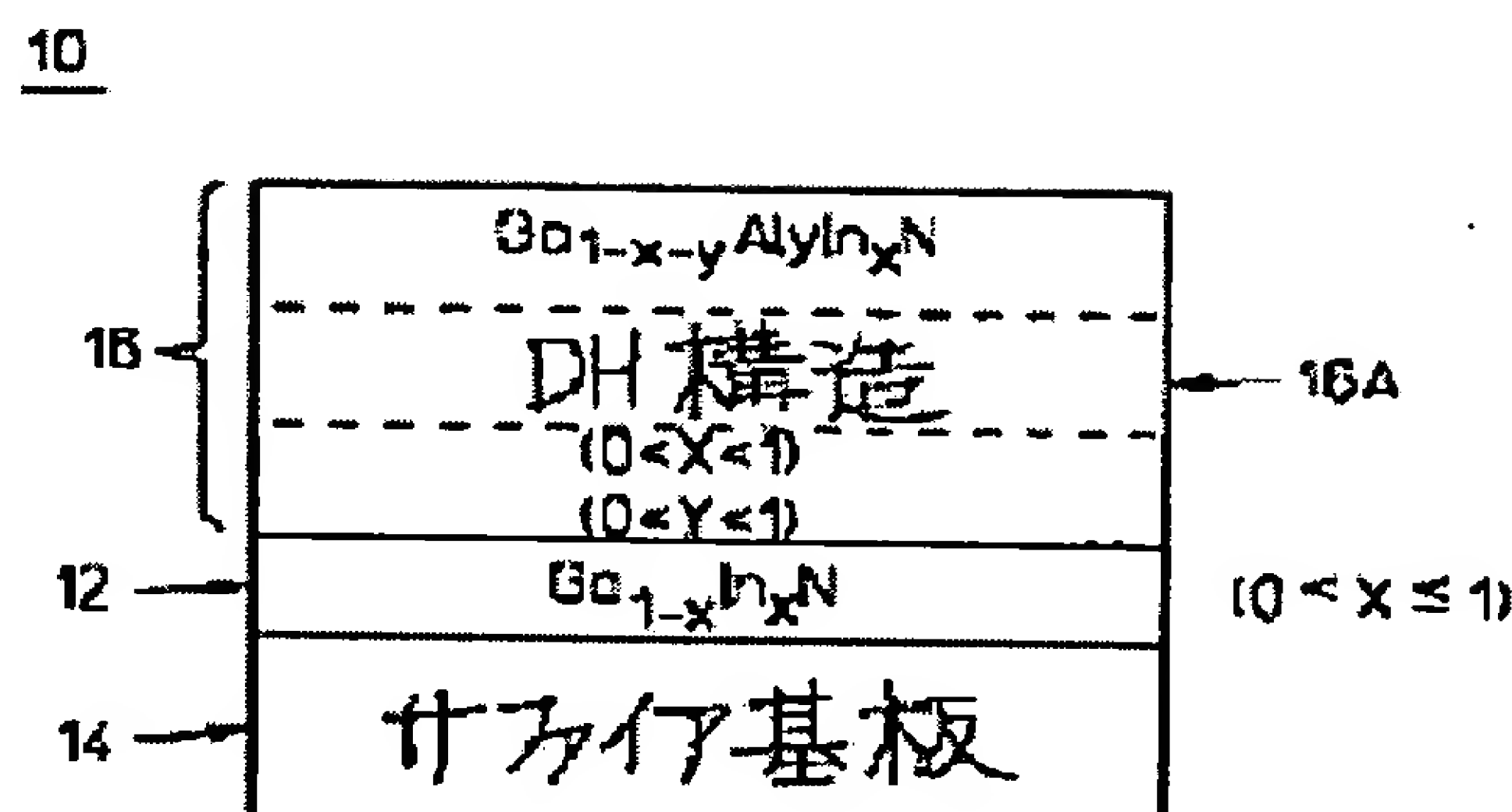
Also published as:

EP0731512 (A2)  
EP0731512 (A3)

Report a data error here

## Abstract of JP8264833

PROBLEM TO BE SOLVED: To attempt improving of crystal quality by having a first lattice constant comprised of nitrous indium and gallium compound, a buffer layer with a first indium containing volume and a second lattice constant and a second indium upper layer and by specifying a difference of the first and the second lattice constants. SOLUTION: Increasing of indium containing volume in a DH construction 16 is made possible by introducing indium into a buffer layer 12. A difference of indium containing volume in the buffer layer 12 and indium containing volume in an active layer 16A is preferable less 20%. As a result a lattice constant of the DH construction 16 matches better with a lattice constant of the buffer layer 12. When the indium containing volume in the active layer 16A becomes equal to the indium containing volume in the buffer layer 12, the lattice constants match better. If the difference of the lattice constant in the buffer layer 12 and the lattice constant in the DH construction 16 can be reduced less than a tolerance of  $\pm 0.5\%$ , crystal quality of the DH construction 16 can be improved.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Light emitting diode which has an up layer on silicon on sapphire, the buffer layer which consists of indium nitride gallium compounds and has the 1st lattice constant and the 1st indium content, and which was formed on said silicon on sapphire, and said buffer layer which consists of gallium nitride indium aluminium compounds, and has the 2nd lattice constant and the 2nd indium content, and is characterized by the difference of the 1st lattice constant and the 2nd lattice constant being less than 0.5%.

[Claim 2] Light emitting diode according to claim 1 characterized by said buffer layer thickness being 5nm - 500nm.

[Claim 3] Light emitting diode according to claim 1 characterized by being grown up at the temperature said whose buffer layer is 400 degrees C - 950 degrees C.

[Claim 4] Furthermore, light emitting diode according to claim 1 characterized by preparing a rearrangement reduction layer between said buffer layers and said up layers in order to absorb the difference of the 1st lattice constant and the 2nd lattice constant.

[Claim 5] Light emitting diode according to claim 4 characterized by said rearrangement reduction layer being a distortion superstructure [claim 6] Light emitting diode according to claim 4 characterized by being the linearity inclination structure where said rearrangement reduction layer consists of aluminium nitride gallium indiums.

[Claim 7] Light emitting diode according to claim 1 characterized by the difference of said 1st and 2nd indium content being less than 20%.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the aluminum nitride gallium indium compound semiconductor device used for the structure of laser and a luminescence device like LED.

[0002]

[Description of the Prior Art] A gallium nitride (GaN) compound emits light on the wavelength of the range of green and blue of the light. Since it is difficult to grow up the gallium nitride of a single crystal, a commercial GaN substrate cannot be used for the epitaxial growth of the device of the GaN base. Now, epitaxial growth of the luminescence device (LED) of a great portion of GaN base is carried out on silicon on sapphire. Growth of the epitaxial layer of the GaN base of the high quality on silicon on sapphire is difficult because of the difference of the lattice constant between silicon on sapphire and the semi-conductor of the GaN base. Furthermore, it is almost impossible to obtain p type with high conductivity for the combination of the background concentration level of high n types and the doping activity of low p types. Although the concept of a basic heterojunction device was fully understood over many years, development of LED which gives off the light of green and blue according to such difficulties using efficient heterojunction laser and an AlGaInN ingredient system suffered a setback.

[0003] When the importance of a researcher growing up GaN or an AlN buffer layer at low temperature in the 1980s was discovered, LED of the GaN base where effectiveness is high became possible. By growing up a buffer layer on silicon on sapphire at low temperature, the growth of the GaN layer grown up succeedingly is improved, and the n type background concentration level of a GaN ingredient falls. Conductive p type GaN growth became easy by connecting growth post heating-annealing for activating p type dopant, or a low energy electron beam exposure to this. By such technical progress, progress of the device development of the AlGaInN ingredient system for optoelectronics and other applications was accelerated sharply.

[0004] In order to raise the quality of a GaN ingredient and to obtain the efficient blue luminescence LED, the semi-conductor (in U.S. Pat. No. 5,122,845, it teaches by MANABE etc.) by the advanced technology equipped with the AlN layer is shown in drawing 1. Another semi-conductor (in U.S. Pat. No. 5,290,393, it teaches by Nakamura) by the advanced technology which is the same purpose, however equipped drawing 2 with  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $0 < x < 1$ ) aiming at efficient green LED is shown. However, the same problem as any approach is produced.

[0005] One of the main problems is the color purity of such LED. To human being's eye which consists of the large ultraviolet wavelength and visible wavelength of a spectrum, a whitish color generates both the examples about the advanced technology by LED. Furthermore, if an eye is exposed to strong UV light for a long time, damage may be produced to an eye. Therefore, its color is impure, and since such LED is not safe, either, it is unsuitable for many applications.

[0006] I hear that the content of an indium is restricted to less than 25%, and the thickness of a  $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$  barrier layer is restricted to less than 200nm by the ingredient chosen for the buffer layer, and there is the 2nd trouble about the advanced technology. This is because generating of the mismatching rearrangement in a heterojunction interface is avoided and the effectiveness of a device can be maintained. The mismatching rearrangement is harmful to the engine performance of laser and a photon device like LED. As a result, since the energy range which can align the band gap of a barrier layer is proportional to the content of an indium, this device is limited to the thin bent  $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$  barrier layer which restricts a bands recombination process. Luminescence produced as a result of the recombination process of a donor acceptor pair of this LED is not the color range of a visible spectrum. Since blue and a green light are generated, when being used, the spectral band width of the recombination of a donor acceptor pair is very wide as compared with the recombination between bands, and is inefficient-like.

[0007] It asks for efficient LED by the insurance which emits the light of the visible range, without restricting the thickness or the indium content of an  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_x\text{N}$  duplex hetero structure layer. If it is possible to use the duplex hetero structure of a barrier layer more efficiently in order to enable it to apply to the luminescence device of practical marketing, it is desirable too.

[0008]

[Summary of the Invention] By growing up the compound semiconductor layer of the  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_x\text{N}$  base on silicon on sapphire, it is possible to obtain the light emitting diode (LED) whose blue light is a high emission light of effectiveness. The barrier layer which consists of duplex hetero (DH) structures of  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_x\text{N}$  is formed in the  $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$  buffer layer grown up at low temperature in piles. Since DH structure and the indium content of a buffer layer are the same, the lattice constant of DH structure of them is the same as that of a buffer layer. Since it prevents the rearrangement of a

buffer layer spreading to the barrier layer of DH structure, it is possible to choose and insert the rearrangement reduction layer which can be considered as the superstructure which contains either the distortion layer of an  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_x\text{N}$  alloy, a non-distortion layer or the linearity inclined layer of an  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_x\text{N}$  alloy between a buffer layer and DH structure.

[0009] If an indium is added into an alloy, since the recombination process and this distortion barrier layer of a donor acceptor pair will no longer be used as a result, it becomes possible to raise further the effectiveness of LED of DH structure of  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_x\text{N}$  for a light application. The color purity of LED which used blue and green  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_x\text{N}$  as the base also improves.

[0010]

[Example] Drawing 3 is a sectional view about the example of the semi-conductor structure 10. The buffer layer 12 which consists of buffer layers of a gallium nitride indium compound semi-conductor is formed on silicon on sapphire 14. DH structure layer 16 containing barrier layer 16A of a gallium nitride aluminum indium compound semi-conductor is formed in the buffer layer 12 in piles.

[0011] Although the buffer layer 12 which consists of  $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$  ( $0 < x \leq 1$ ) is the growth temperature of the range of 400 degrees C - 950 degrees C and is directly formed on silicon on sapphire 14, the thickness of a buffer layer 12 can be changed among 5-50nm. Growth temperature becomes low, so that growth temperature changes proportionally the indium content of a buffer layer 12, and directly and an indium content increases. DH structure layer 16 which consists of  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_x\text{N}$  ( $0 < x < 1; 0 < y < 1$ ) is formed in a buffer layer 12 in piles at the growth temperature of the range of 700 degrees C - 1050 degrees C.

[0012] By introducing an indium into a buffer layer 12, it becomes possible to increase the indium content of DH structure layer 16. Less than 20% of the difference of the indium content of a buffer layer 12 and the indium content of barrier layer 16A is desirable. As a result, the lattice constant of DH structure layer 16 will be adjusted as better as the lattice constant of a buffer layer 12. If the indium content of barrier layer 16A becomes equal to the indium content of a buffer layer 12, a lattice constant is adjusted still better. If the difference of the lattice constant of a buffer layer 12 and the lattice constant of DH structure layer 16 is made and it will be decreased in  $\pm 0.5\%$  of inside of tolerance, the quality of the crystal of DH structure layer 16 will improve. Since luminescence from barrier layer 16A mainly becomes interband transition, the spectral band width of a device becomes still narrower by the indium. Consequently, luminescence pure for many LED applications and more desirable will be obtained.

[0013] Drawing 4 is a sectional view about another example of the semi-conductor structure 10. The rearrangement reduction layer 18 containing a gallium nitride aluminum indium compound and a gallium nitride indium compound is arranged between the buffer layer 12 and DH structure layer 16. The difference of the lattice constant of a buffer layer 12 and the lattice constant of the DH structure 16 is absorbed by the rearrangement reduction layer 18.

[0014] The rearrangement reduction layer 18 is formed like a buffer layer 12 at the growth temperature of the range of 400 degrees C - 950 degrees C. The rearrangement reduction layer 18 can be structurally considered as the distortion superstructure or linearity inclination structure which consists of aluminum nitride gallium indium compounds.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the semi-conductor structure by the advanced technology.

[Drawing 2] It is drawing showing another semi-conductor structure by the advanced technology.

[Drawing 3] It is a sectional view about the example of the semi-conductor structure by this invention.

[Drawing 4] It is a sectional view about another example of the semi-conductor structure by this invention.

[Description of Notations]

10 Semi-conductor Structure

12 Buffer Layer

14 Silicon on Sapphire

16 DH Structure

16A Barrier layer

18 Rearrangement Reduction Layer

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-264833

(43) 公開日 平成8年(1996)10月11日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 33/00

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平8-19586

(22) 出願日 平成8年(1996)2月6日

(31) 優先権主張番号 4 0 1, 5 4 3

(32) 優先日 1995年3月10日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000400

ヒューレット・パカード・カンパニー  
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 チーピン・クオ

アメリカ合衆国カリフォルニア州ミルピタ  
ス、メドウランド ドライブ 185

(74) 代理人 弁理士 上野 英夫

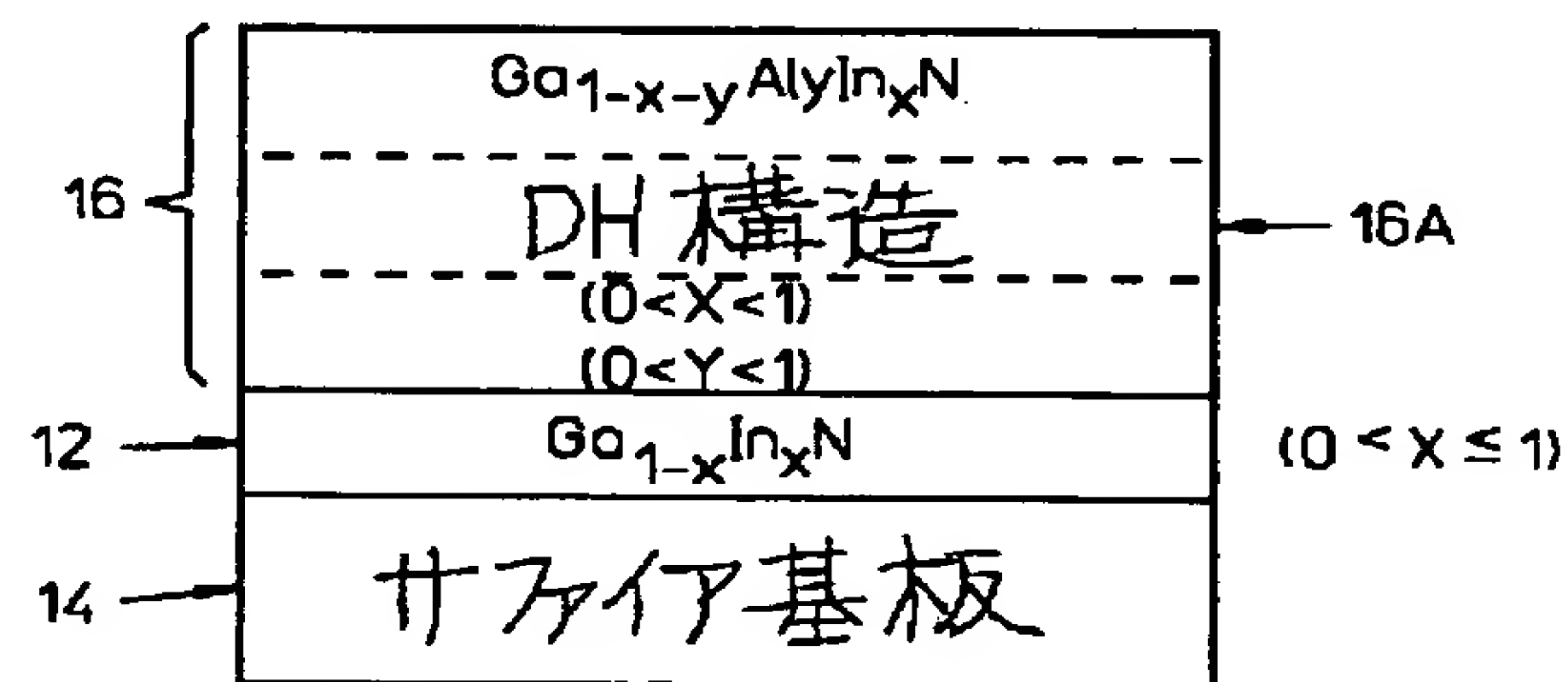
(54) 【発明の名称】 発光ダイオード

(57) 【要約】

【課題】 高効率発光窒化アルミニウム・ガリウム・インジウム化合物半導体デバイス。

【解決手段】 サファイア基板 14 上に窒化インジウム・ガリウム化合物から構成され、第1の格子定数と第1のインジウム含有量とを有するバッファ層 12 を形成し、さらにその上に窒化ガリウム・インジウム・アルミニウム化合物から構成され、第2の格子定数と第2のインジウム含有量とを有する上部層を形成する。第1の格子定数と第2の格子定数の差は0.5%以内であり、発光ダイオードに用いられる。

10



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 サファイア基板と、

窒化インジウム・ガリウム化合物から構成され、第1の格子定数と第1のインジウム含有量とを有する、前記サファイア基板上に形成されたバッファ層と、  
 窒化ガリウム・インジウム・アルミニウム化合物から構成され、第2の格子定数と第2のインジウム含有量とを有する、前記バッファ層上の上部層とを有し、  
 第1の格子定数と第2の格子定数の差が0.5%以内であることを特徴とする、  
 発光ダイオード。

【請求項2】 前記バッファ層の厚さが5nm～500nmであることを特徴とする請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項3】 前記バッファ層が400℃～950℃の温度で成長させられることを特徴とする請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項4】 さらに、第1の格子定数と第2の格子定数の差を吸収するため前記バッファ層と前記上部層との間に転位低減層を設けたことを特徴とする請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項5】 前記転位低減層が歪み超格子構造であることを特徴とする請求項4に記載の発光ダイオード

【請求項6】 前記転位低減層が窒化アルミニウム・ガリウム・インジウムから構成される線形傾斜構造であることを特徴とする請求項4に記載の発光ダイオード。

【請求項7】 前記第1と第2のインジウム含有量の差が20%以内であることを特徴とする請求項1に記載の発光ダイオード。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、レーザ、及び、LEDのような発光デバイスの構造に用いられる窒化アルミニウム・ガリウム・インジウム化合物半導体デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 窒化ガリウム (GaN) 化合物は、可視光の緑及び青の範囲の波長で発光する。単結晶の窒化ガリウムを成長させるのは難しいので、市販のGaN基板は、GaNベースのデバイスのエピタキシャル成長に利用できない。現在のところ、大部分のGaNベースの発光デバイス (LED) は、サファイア基板上においてエピタキシャル成長させられる。サファイア基板とGaNベースの半導体の間における格子定数の差のため、サファイア基板上における高品質のGaNベースのエピタキシャル層の成長は困難である。さらに、高nタイプのバックグラウンド濃度と低pタイプのドーピング活性度の組み合わせのために、伝導率の高いpタイプを得るのはほとんど不可能である。基本ヘテロ接合デバイスの概念は、長年にわたって十分に理解されているが、これらの

困難によって、効率のよいヘテロ接合レーザ及びAlGaInN材料系を利用して緑と青の光を出すLEDの開発が挫折した。

【0003】 1980年代に、研究者が低温でGaNまたはAlNバッファ層を成長させることの重要性を発見した時、効率の高いGaNベースのLEDが可能になった。低温でサファイア基板上にバッファ層を成長させることによって、引き続き成長させられるGaN層の形態が改良され、GaN材料のnタイプのバックグラウンド濃度が低下する。これと、pタイプ・ドーパントを活性化するための成長後熱的アニーリングまたは低エネルギー電子ビーム照射を結び付けることによって、導電性pタイプGaNの成長が容易になった。これらの技術的進歩によって、オプトエレクトロニクス及び他の用途のためのAlGaInN材料系のデバイス開発の進捗が大幅に加速された。

【0004】 図1には、GaN材料の質を向上させて、効率のよい青発光LEDを得るため、AlN層を備えた先行技術による半導体 (米国特許第5, 122, 845号においてマナベ他によって教示) が示されている。図2には、同じ目的で、ただし、効率のよい緑のLEDを目指してAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N (0<x<1) を備えた先行技術によるもう1つの半導体 (米国特許第5, 290, 393号においてナカムラによって教示) が示されている。しかしながら、いずれの方法とも同様の問題を生ずる。

【0005】 主たる問題の1つは、これらのLEDの色純度である。先行技術に関する両事例とも、LEDによって、スペクトルの広い紫外波長と可視波長から構成される、人間の目には白っぽい色が発生する。さらに、強いUV光に目を長時間さらすと、目に損傷を生じる可能性がある。従って、これらのLEDは、色が不純であり、また、安全でもないので、多くの用途にとって不適当である。

【0006】 先行技術に関する第2の問題点は、バッファ層のために選択された材料によって、インジウムの含有量が25%未満に、Ga<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N活性層の厚さが200nm未満に制限されるということである。これは、ヘテロ接合インターフェイスにおける不整合転位の発生を回避して、デバイスの効率を維持できるようにするためである。不整合転位は、レーザ及びLEDのような光子デバイスの性能に有害である。結果として、このデバイスは、活性層の禁止帯の幅の同調可能なエネルギー範囲がインジウムの含有量に比例するので、バンド間再結合プロセスを制限する薄い歪んだGa<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>N活性層に限定される。該LEDのドナー・アクセプタ対の再結合プロセスの結果生じる発光は、可視スペクトルの色範囲ではない。青と緑の光を発生するために用いられる場合、ドナー・アクセプタ対の再結合のスペクトル幅は、バンド間再結合と比較すると極めて広く、非効率的である。



【0007】 $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ 二重ヘテロ構造層の厚さまたはインジウム含有量を制限することなく、可視範囲の光を放出する安全で効率のよいLEDが所望される。実用的な市販の発光デバイスに適用できるようにするために、活性層の二重ヘテロ構造をより効率よく利用することが可能であれば、やはり望ましい。

【0008】

【発明の概要】サファイア基板上に $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ ベースの化合物半導体層を成長させることによって、青の光が効率の高い放出光である発光ダイオード

(LED)を得ることが可能である。 $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ の二重ヘテロ(DH)構造から構成される活性層が、低温で成長させた $Ga_{1-x}In_xN$ バッファ層に重ねて形成される。DH構造及びバッファ層のインジウム含有量は同様であるため、DH構造の格子定数もバッファ層と同様である。バッファ層の転位がDH構造の活性層に伝搬するのを防ぐため、バッファ層とDH構造の間には、 $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ 合金の歪み層または非歪み層あるいは $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ 合金の線形傾斜層のいずれかを含む超格子構造とすることが可能な、転位低減層を選択して挿入することが可能である。

【0009】結果として、合金にインジウムを添加すると、ドナー・アクセプタ対の再結合プロセス及びこの歪み活性層が利用されなくなるので、可視光用途のための $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ のDH構造のLEDの効率をさらに向上させることが可能になる。青及び緑の $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ をベースにしたLEDの色純度も向上する。

【0010】

【実施例】図3は、半導体構造10の実施例に関する断面図である。窒化ガリウム・インジウム化合物半導体のバッファ層から構成されるバッファ層12が、サファイア基板14上に形成されている。窒化ガリウム・アルミニウム・インジウム化合物半導体の活性層16Aを含むDH構造層16が、バッファ層12に重ねて形成されている。

【0011】 $Ga_{1-x}In_xN$  ( $0 < x \leq 1$ ) から構成されるバッファ層12が、 $400^\circ\text{C} \sim 950^\circ\text{C}$ の範囲の成長温度で、サファイア基板14上に直接形成されるが、バッファ層12の厚さは5~50nmの間で変更可能である。成長温度は、バッファ層12のインジウム含有量と直接比例して変化し、インジウム含有量が多くなるほど、成長温度は低くなる。 $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$  ( $0 < x < 1$ ;  $0 < y < 1$ ) から構成されるDH構造層16

が、 $700^\circ\text{C} \sim 1050^\circ\text{C}$ の範囲の成長温度で、バッファ層12に重ねて形成される。

【0012】インジウムをバッファ層12に導入することによって、DH構造層16のインジウム含有量を増すことが可能になる。バッファ層12のインジウム含有量と活性層16Aのインジウム含有量の差は、20%以内が望ましい。結果として、DH構造層16の格子定数は、バッファ層12の格子定数とよりよく整合することになる。活性層16Aのインジウム含有量がバッファ層12のインジウム含有量と等しくなると、格子定数はさらによく整合する。バッファ層12の格子定数とDH構造層16の格子定数の差を、できれば $\pm 0.5\%$ の公差内に減少させると、DH構造層16の結晶の質が向上する。活性層16Aからの発光は主としてバンド間遷移になるため、インジウムによって、デバイスのスペクトル幅がいつそう狭くなる。この結果、多くのLED用途に純粋でより望ましい発光が得られることになる。

【0013】図4は、半導体構造10のもう1つの実施例に関する断面図である。窒化ガリウム・アルミニウム・インジウム化合物及び窒化ガリウム・インジウム化合物を含む転位低減層18が、バッファ層12とDH構造層16の間に配置されている。転位低減層18によって、バッファ層12の格子定数とDH構造16の格子定数の差が吸収される。

【0014】転位減少層18が、バッファ層12と同様に、 $400^\circ\text{C} \sim 950^\circ\text{C}$ の範囲の成長温度で形成される。転位減少層18は、構造的には、窒化アルミニウム・ガリウム・インジウム化合物から構成される歪み超格子構造または線形傾斜構造とすることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】先行技術による半導体構造を示す図である。

【図2】先行技術によるもう1つの半導体構造を示す図である。

【図3】本発明による半導体構造の実施例に関する断面図である。

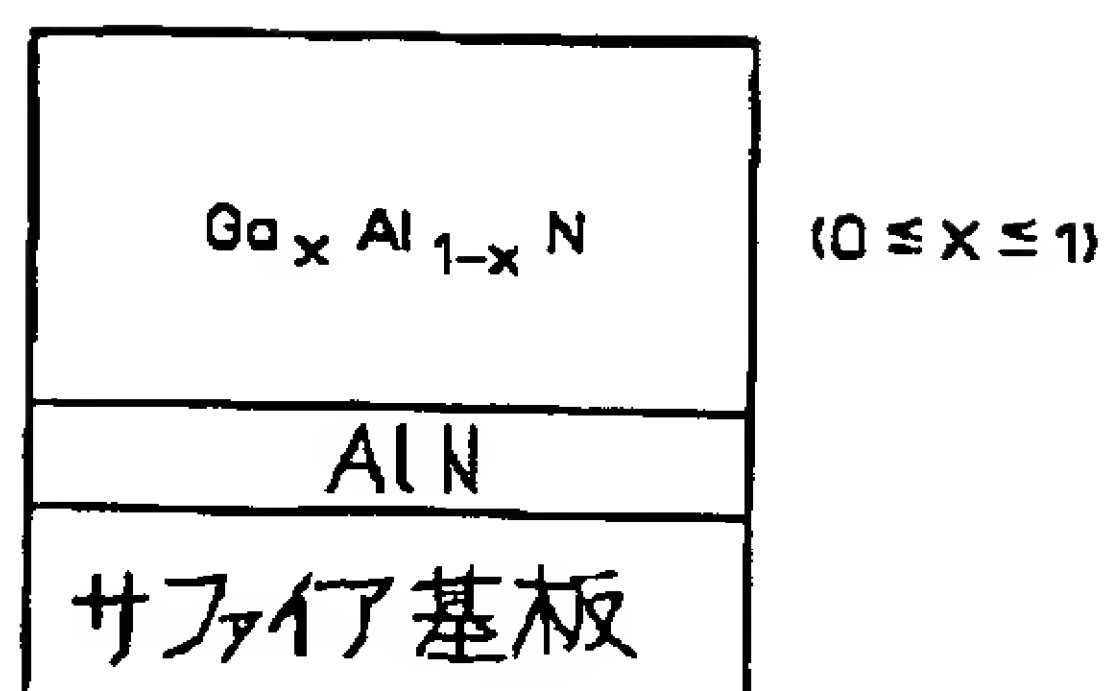
【図4】本発明による半導体構造のもう1つの実施例に関する断面図である。

【符号の説明】

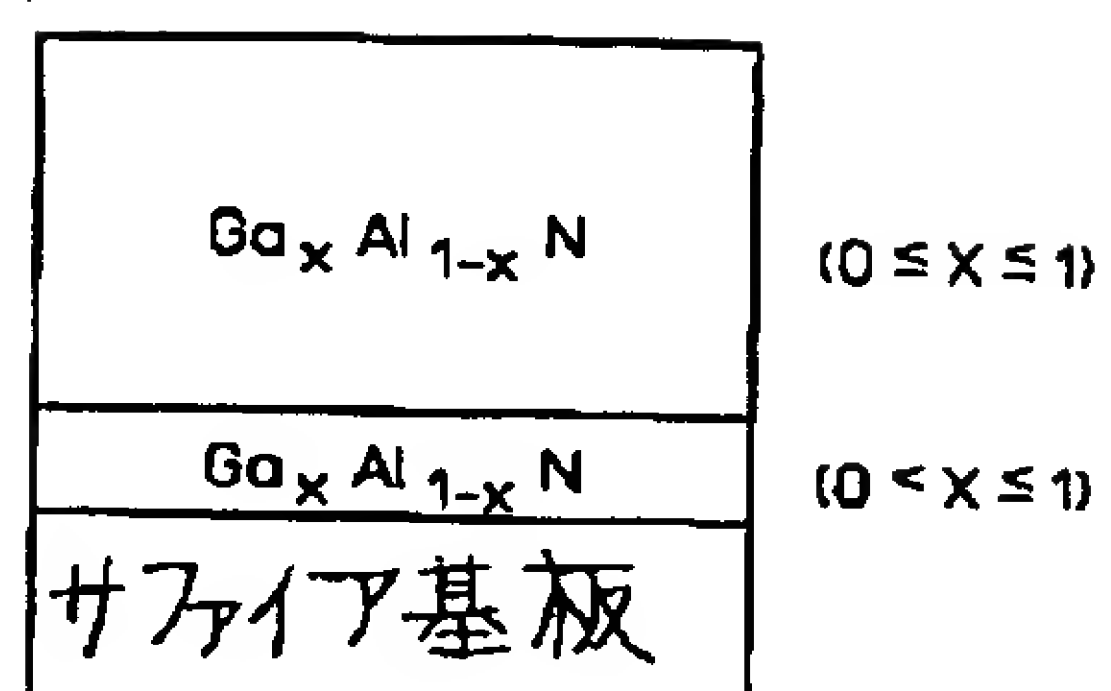
- |     |         |
|-----|---------|
| 10  | 半導体構造   |
| 12  | バッファ層   |
| 14  | サファイア基板 |
| 16  | DH構造    |
| 16A | 活性層     |
| 18  | 転位低減層   |



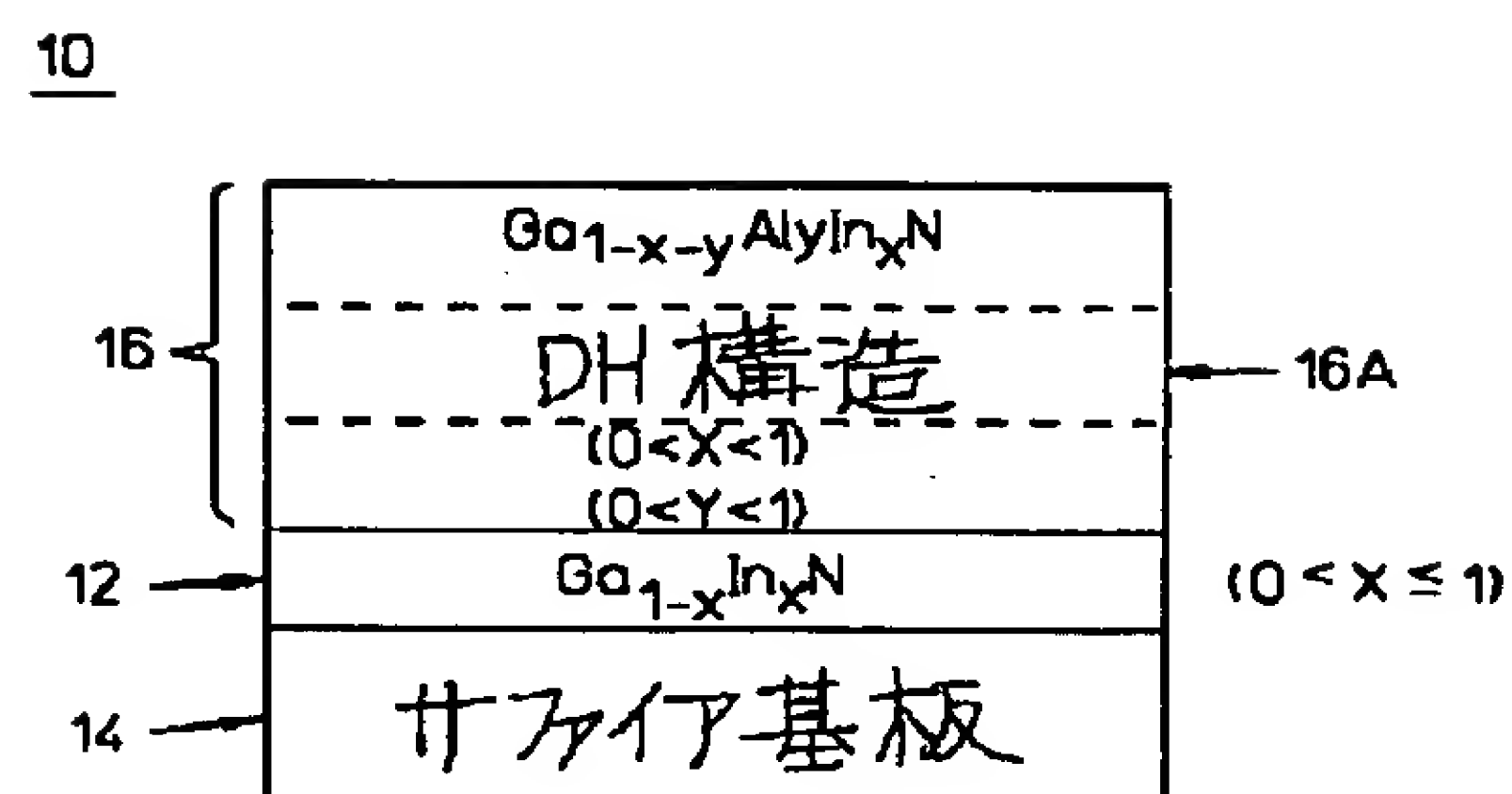
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

